

BEST AVAILABLE COPY



PCT/EP200 4 / 0 5 1 2 3 6

REC'D 27 AUG 2004

WIPO

PCT

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 JUIN 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Important

Remplir impérativement la 2ème page.

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 190600

REMISE DES PIÈCES DATE 8 JUIL 2003 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0308339 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 08 JUIL. 2003 PAR L'INPI		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Viviane SIMON THALES Intellectual Property 31-33, avenue Aristide Briand 94117 ARCUEIL cedex
Vos références pour ce dossier (facultatif) 63101		

Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
2 NATURE DE LA DEMANDE	Cochez l'une des 4 cases suivantes
Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire <input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale N° _____ Date ____/____/____ ou demande de certificat d'utilité initiale N° _____ Date ____/____/____	
Transformation d'une demande de brevet européen <input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____ Demande de brevet initiale	

3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) METHODE D'ESTIMATION DE RESIDU DE LA PORTEUSE, ESTIMATEUR ET SYSTEME DE MODULATION AVEC ASSERVISSEMENT DE LA PORTEUSE L'UTILISANT
--

4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE	Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»
--	--

5 DEMANDEUR	<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»
Nom ou dénomination sociale THALES	
Prénoms _____	
Forme juridique _____	
N° SIREN 5 . 5 . 2 . 0 . 5 . 9 . 0 . 2 . 4	
Code APE-NAF 	
Adresse Rue 173, boulevard Haussmann Code postal et ville 75008 PARIS	
Pays FRANCE Nationalité Française	
N° de téléphone (facultatif) N° de télécopie (facultatif) Adresse électronique (facultatif)	

REMISE DES PIÈCES DATE 8 JUIL 2003 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0308339 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI		DB 540 W / 190600	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>			63101		
6 MANDATAIRE					
Nom			SIMON		
Prénom			Viviane		
Cabinet ou Société			THALES Intellectual Property		
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			8325		
Adresse	Rue	31-33, avenue Aristide Briand			
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL cedex		
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>			01 41 48 45 41		
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>			01 41 48 45 01		
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>					
7 INVENTEUR (S)					
Les inventeurs sont les demandeurs			<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée		
8 RAPPORT DE RECHERCHE			Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)		
Établissement immédiat ou établissement différé			<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Paiement échelonné de la redevance			Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non		
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES			Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):		
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes					
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI L. MARIELLO		
Viviane SIMON			- 8 JUIL. 2003		

L'invention concerne une méthode d'estimation du résidu de la porteuse. Notamment, cette estimation du résidu de la porteuse permet l'asservissement de la porteuse lors de la modulation et/ou de la démodulation de signaux émis, par exemple, par des systèmes de diffusion et de communication.

Les systèmes de diffusion et de communication comportent un émetteur effectuant la modulation d'un signal avant transmission et un récepteur démodulant le signal reçu. Le couple modulateur/démodulateur doit être stable et présenter une précision déterminée (même s'il est stable) afin d'avoir les performances requises.

Un nombre croissant d'applications dans le domaine de la diffusion et des communications utilisent l'OFDM. Une des possibilités de cette technique est l'utilisation comme pilote de la fréquence porteuse centrale pour les autres porteuses. Dans ce cas, la dégradation de la précision peut être liée à une mauvaise réjection du résidu de la porteuse centrale. Ainsi, la qualité de la réjection peut s'avérer insuffisante pour certaines applications et/ou certains utilisateurs.

De manière générale, ce problème est appelé problème de résidu de la porteuse. En effet, il apparaît aussi dans des systèmes utilisant une seule fréquence porteuse centrale (e.g., modulation 8-VSB).

Aujourd'hui, dans le cadre des systèmes de diffusion DVB-T, dans les zones où les émetteurs fournissent un signal avec une porteuse insuffisamment précise, certains récepteurs peuvent être dans un mode qui ignore la porteuse centrale. Cela entraîne une dégradation du signal en réception en terme de rapport d'erreur de modulation (MER, modulation error ratio) mais aussi de taux d'erreurs binaires (BER, bit error rate).

Dans le cas de la norme DVB-T par exemple, qui utilise la modulation OFDM, les radio-diffuseurs souhaitent obtenir en sortie

d'émetteur un rapport d'erreur de modulation (MER, modulation error ratio) d'au minimum 30 dB et un taux d'erreur binaire (BER) avant Viterbi de 10^{-5} minimum. Or, avec une porteuse centrale dégradée, le rapport d'erreur de modulation MER est souvent inférieur à 30 dB et le taux d'erreur binaire
 5 BER est supérieur à celui requis par les radio-diffuseurs, par exemple de l'ordre de 10^{-3} .

Pour améliorer la qualité de réjection de la porteuse, diverses solutions sont envisageables.

10

Notamment, des moyens de passage en fréquence intermédiaire peuvent être utilisés. Le problème est ainsi annulé en théorie mais l'utilisation de plusieurs synthétiseur au lieu d'un seul est nécessaire. En outre, cette méthode implique des contraintes au niveau du filtrage car le
 15 signal n'est plus en bande de base.

Une autre solution est le réglage manuel fréquents des modulateurs. Cette méthode nécessite des appareil de mesure externes performants comme des analyseur de modulation (par exemple, du type
 20 EFATM, analyseur de modulation DVB-T). En outre, cette solution ne permet pas une adaptation rapide. Et, elle nécessite la présence permanente d'un opérateur qualifié.

Un autre inconvénient de ces solutions est quelles sont des
 25 solutions très coûteuses.

Une autres solution est l'asservissement d'un système à modulation IQ directe par un système à démodulation directe. En effet, un système de modulation directe possède un certain nombre de commandes ou
 30 paramètres de compensation pour agir sur les défauts de résidu de porteuse. Actuellement, l'asservissement d'un système à modulation IQ directe par un système à démodulation directe est limité à la précision intrinsèque du démodulateur.

Pour résoudre le problème de résidu de la porteuse, une solution actuellement utilisée est la suivante. Dans une première étape, le démodulateur est calibré par un signal de test particulier en entrée du démodulateur. Mais, cette étape a une limite en terme de précision qui vient de ce que tout changement du signal d'entrée du démodulateur par rapport au signal d'exploitation se traduit par une imprécision sur ce réglage. Dans une deuxième étape, le signal entre l'entrée du système et la voie de retour est mesurée. Là encore, la précision est limitée. Cette limitation vient des paramètres suivants de qualité du codeur, de précision de la mesure et des traitements du signal. Dans une troisième étape, le résidu de la porteuse centrale est annulée.

La qualité de réjection de la porteuse centrale atteinte avec cette méthode peut tout de même s'avérer insuffisante pour certaines applications et utilisateurs. Pour améliorer ce système, l'utilisation de composants plus performants est envisageable (composants ayant une réjection de porteuse plus forte, ayant une meilleure précision...). Toutefois, l'utilisation de ce type de composants rend la solution très coûteuses.

La présente invention permet de palier ces inconvénients en permettant d'estimer le résidu de porteuse de manière plus précise tout en conservant une méthode à coût raisonnable.

Un objet de l'invention est une méthode d'estimation de résidu de la porteuse comportant :

- La variation d'un gain complexe Z appliqué au signal reçu s entre au moins deux valeurs $Z1$ et $Z2$;
- La mesure de la position ($PD1$, $PD2$) de la porteuse centrale du signal s démodulé pour chacun des gains ($Z1$, $Z2$) appliqués ;
- Le calcul d'au moins une partie du résidu de la porteuse à partir des positions mesurées $PD1$ et $PD2$ et des gains appliquées $Z1$ et $Z2$, la partie du résidu de la porteuse calculée ($offset_mod$) correspondant au résidu dû au modulateur.

L'invention concerne, en outre, un estimateur de résidu de porteuse mettant en œuvre la méthode d'estimation ci dessus et comportant :

- des moyens de variation de gain (M1) permettant de faire varier un gain complexe Z appliqué au signal reçu s entre au moins deux valeurs prédéterminées $Z1$ et $Z2$;
- des moyens de mesure et de calcul (M2) permettant de mesurer la position (PD1, PD2) de la porteuse centrale du signal s démodulé pour chacun des gains ($Z1$, $Z2$) appliqués et de calculer d'au moins une partie du résidu de la porteuse à partir des positions mesurées PD1 et PD2 et des gains appliquées $Z1$ et $Z2$, la partie du résidu de la porteuse calculée (offset_mod) correspondant au résidu dû au modulateur.

Un autre objet de l'invention est un système de modulation avec asservissement de la porteuse comportant :

- Un modulateur recevant le signal à moduler m et fournissant le signal modulé s à émettre
- Un estimateur de résidu de porteuse recevant le signal modulé s ,
- Un démodulateur recevant le signal S_z provenant des moyens de variation du gain M1 et fournissant aux moyens de mesure et de calcul le signal démodulé d ,
- Des moyens d'asservissement de la porteuse permettant d'ajouter au signal à moduler m le résidu de porteuse dû au modulateur (offset_mod) fourni par les moyens de mesure et de calcul M2.

Les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description, faite à titre d'exemple, et des figures s'y rapportant qui représentent :

- Figure 1, un schéma de principe d'un système de modulation IQ avec asservissement selon l'état de l'art,
- Figures 2a et 2b, les performances du système de modulation IQ avec asservissement selon l'état de l'art, la figure 2a représentant le spectre obtenu en sortie du démodulateur et la figure 2b représentant le taux d'erreur de modulation MER (modulation error rate),

- Figure 3, un schéma de principe d'un système de modulation IQ avec asservissement utilisant l'estimateur de résidu de porteuse selon l'invention,
- Figure 4, un exemple générique des moyens de variation de gain M1 de l'estimateur de résidu de porteuse selon l'invention,
- Figure 5, un exemple de réalisation des moyens de variation de gain M1 de l'estimateur de résidu de porteuse selon l'invention,
- Figure 6, un exemple générique des moyens de mesure et de calcul M2 de l'estimateur de résidu de porteuse selon l'invention,
- Figure 7, un exemple de réalisation des moyens de mesure et de calcul M2 de l'estimateur de résidu de porteuse selon l'invention pour des application avec porteuse centrale non nulle,
- Figure 8, un schéma de principe des moyens d'asservissement de la porteuse dans le modulateur,
- Figure 9, un schéma de principe des moyens d'asservissement de la porteuse dans le démodulateur,
- Figures 10a et 10b, les performances, respectivement en terme de taux d'erreur binaire BER et taux d'erreur de modulation MER (modulation error rate), du système de modulation IQ avec asservissement selon l'invention.

Actuellement les systèmes de modulation directe réalisés par des modulateurs IQ souffrent de certains défauts provenant de leur réalisation.

Typiquement un système de modulation directe possède un certain nombre de commandes ou paramètres de compensation pour agir sur ces défauts. L'asservissement d'un système à modulation IQ directe, par un système à démodulation directe est actuellement limité à la précision intrinsèque du démodulateur.

La figure 1 représente une solution actuellement utilisée pour résoudre ce problème de résidu de la porteuse.

Le signal à moduler m est traité par le modulateur 1 connecté à un oscillateur LO. Le signal modulé m est amplifié par un amplificateur 2 avant d'être émis sur la sortie RF (radio fréquence) 3. Afin d'asservir le modulateur 1, le signal retour s est traité par des moyens de calibrage 4 avant d'être démodulé pour permettre à des moyens d'asservissement 6 recevant le signal démodulé d de commander le modulateur 1 et le démodulateur 5 IQ. Le démodulateur IQ 5 est connecté à un oscillateur LO fournissant la même fréquence locale qu'au modulateur.

10 Dans une première étape, les moyens de calibrage 4 envoient en entrée du démodulateur 5 un signal test particulier à la place du signal retour s . Le signal test permet de calibrer le démodulateur 5. Cette étape entraîne, toutefois, une limitation de la précision. Cette limitation de la précision vient du fait que tout changement du signal d'entrée du démodulateur par rapport au signal d'exploitation se traduit par une imprécision sur ce réglage.

Dans une deuxième étape, les moyens de calibrage 4 transmettent en entrée du démodulateur 5 le signal retour s . Les moyens d'asservissement 6 mesurent le signal à l'entrée du système (avant le modulateur 1) et sur la voie de retour en sortie du démodulateur 5. Cette étape entraîne, elle aussi, une limitation de la précision. Cette limitation de la précision vient de plusieurs paramètres, notamment elle est liée à la qualité du codeur, à la précision de la mesure, et aux différents traitements du signal. En particulier, la mesure faite à l'entrée du modulateur 1 permet de prendre en compte le résidu de porteuse induit par le modulateur mais pas celui induit par les traitements amonts (notamment, les erreurs de troncature du signal).

30 Dans une troisième étape, les moyens d'asservissements 6 viennent annuler le résidu de porteuse centrale, par exemple en injectant un offset de tension sur les voies I et Q, cet offset étant asservi sur les mesures de la deuxième étape.

La qualité de réjection de la porteuse centrale atteinte avec cette méthode s'avère insuffisante pour certaines applications et utilisateurs .

La figure 2a montre le spectre obtenu en sortie du modulateur dans le cas de l'utilisation de l'OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex, ou multiplexage par division fréquentielle orthogonale). Dans la zone hachurée autour de la fréquence porteuse centrale f_c , la réception est de mauvaise qualité du fait du pic de puissance apparaissant autour de cette fréquence.

10

La figure 2b montre le taux d'erreur de modulation MER. Ce taux MER tombe à 0dB à la fréquence porteuse centrale f_c . Or, pour des applications tels que la télévision numérique (DVB-T par exemple), le taux doit être de l'ordre de 30 dB minimum en sortie d'émetteur. Le taux d'erreur binaire ainsi obtenue en sortie d'émetteur au niveau de la fréquence porteuse centrale f_c est d'environ 10^{-3} au lieu des 10^{-5} nécessaires à certaines applications.

15

Les défauts affectant la porteuse centrale peuvent être modélisé de la manière suivante:

20

Le signal de référence m a une composante continue égale avec une position PA. PA est la position théorique de la composante continue du signal avant modulation. Cette position PA est décalé par le résidu de porteuse offset_mod introduit par le modulateur 1 pour atteindre la position PB. PB est donc la position de la porteuse centrale après modulation. C'est cette position qui est obtenue dans les récepteurs après égalisation du canal de transmission .

25

Le signal modulé m est amplifié par un gain complexe Z entre le modulateur et le démodulateur. En effet, tous les gains de la chaîne de transmission peuvent être rapportés en cet endroit. L'application de ce gain Z décale la fréquence porteuse centrale de la position PB vers la

30

position PC. Donc, PC est la position de la porteuse centrale après application du gain Z.

Le signal est alors démodulé : le démodulateur 5 en introduisant un
5 résidu de porteuse offset_demod décale la fréquence porteuse centrale de la position PC à la position PD. PD est la position relevée sur le signal de retour d.

Donc, la position de la fréquence porteuse centrale du signal en
10 sortie du démodulateur 5' en fonction de la position théorique de la composante continue du signal avant modulation peut s'écrire comme suit :

$$PD = \text{offset_demod} + Z * (\text{offset_mod} + PA)$$

15 Ce système possède 3 inconnues : offset_demod, offset_mod, Z .
Et, la position théorique de la composante continue du signal PA est une constante du système, définie par la nature du signal :

- PA = 0 pour la modulation 8-VSB (norme ATSC) , pour les modulations de TV analogique (normes PAL / SECAM / NTSC)
- 20 – PA ≠ 0 pour la modulation OFDM (norme DVB-T). Par exemple, PA = -4/3 en DVB-T .

La figure 3 montre un schéma de principe du système d'asservissement de la fréquence porteuse selon l'invention permettant de
25 déterminer le résidu de porteuse offset_mod induit par le modulateur 1', et le résidu de porteuse offset_demod induit par le démodulateur 5'.

La méthode mise en œuvre par ce système est de faire varier volontairement les caractéristiques du gain complexe Z de la voie de
30 retour, afin de séparer la contribution offset_mod du modulateur de la contribution offset_demod du démodulateur au niveau de l'offset mesuré sur le signal de retour.

Dans le cas où la position de la fréquence porteuse centrale est non nulle PA ≠ 0, cette méthode comporte aussi l'estimation à partir du

signal de retour le gain complexe Z appliqué au signal et la position de la porteuse centrale par rapport à sa position théorique.

Le signal m est fourni au modulateur 1' qui fournit un signal modulé m à l'amplificateur 2. Le signal obtenu s est émis sur la sortie RF 3. Le signal s est le signal entrant sur la voie de retour du système d'asservissement de la porteuse.

Conformément au premier point de la méthode exposée ci-dessus, des moyens de variation de gain complexe $M1$ reçoivent le signal s . Ces moyens de variation de gain fournissent un signal sZ correspondant au signal de retour s auquel un gain Z donné a été appliqué.

La figure 4 montre un schéma générique des moyens de variation de gain complexe $M1$. Les moyens de variation de gain complexe $M1$ comporte des moyens d'application $M1_1$ de gain(s) complexe(s) appliquant des gains complexes différents $Z1$, $Z2$ à la voie de retour s , suivi de moyens de sélection $M1_2$ permettant de sélectionner le signal retour $s_{\rightarrow \text{dem}} = sZ = sZ1$ ou $sZ2$ correspondant, respectivement, au gain $Z1$ ou $Z2$ en fonction d'un signal de commande c .

Le gain $Z1$ peut être appliqué à un instant donné ($t1$) et durant une période prédéterminé $T1$ et le gain complexe $Z2$ à un instant donné $t2$ et durant une période prédéterminé $T2$.

25

Une réalisation possible des moyens de variation de gain complexe $M1$ est présentée par la figure 5. Les moyens de variation de gain complexe $M1$ comporte 2 relais UHF ainsi qu'un coupleur UHF 0° - 90° , placé sur le chemin du retour. Le coupleur 0° - 90° constitue les moyens d'application $M1_1$ de gain(s) complexe(s). Dans ce cas, le gain complexe sur la première sortie est égale à $Z1$; et le gain complexe sur la deuxième sortie est égale à $Z2 = Z1 \cdot e^{j\pi\varphi/180}$, avec φ proche de 90° .

30

complexe sur la deuxième sortie est égale à $Z2 = Z1 \cdot e^{i\varphi/180}$, avec φ proche de 90° .

5 Dans une autre réalisation possible des moyens de variation de gain complexe M1, les gains Z1 et Z2 peuvent être tels que $Z2 = -Z1$. Le coupleur M1, des moyens de variation de gain complexe M1 peut être ainsi remplacé par un transformateur ou un amplificateur afin d'obtenir un tel déphasage de 180° .

10 D'autres déphasage peuvent être obtenu, en utilisant comme moyens d'application de gain M1, une longueur électrique pour obtenir le déphasage désiré.

15 Une liaison $L_{2 \rightarrow 1}$, par exemple une liaison de type RS232, entre les moyens de mesure et de calcul et les moyens de variation de gain M1 permet de choisir de connecter à la sortie de M1 soit la sortie 0° du coupleur, soit la sortie 90° du coupleur : $s_{\rightarrow \text{dem}} = s_z = s_{z1}$ ou s_{iz1} . Notamment, comme le montre la figure 4, cette liaison $L_{2 \rightarrow 1}$ peut effectuer la commande des relais qui constituent les moyens de sélection M1.

20 Dans un autre mode de réalisation de M1, les relais M1₂ peuvent être remplacés par des commutateurs en combinaison avec l'un quelconque des modes de réalisation des moyens d'application du gain M1.

25 Le signal s_z obtenu par les moyens de variation de gain M1 est fourni au démodulateur 5' utilisant la même fréquence locale que le démodulateur 1'.

30 Conformément au deuxième point de la méthode exposée ci-dessus, les moyens de mesure et de calcul M2 estime le gain complexe Z appliqué. Comme le montre la figure 6, ces moyens de mesure et de calcul M2 reçoivent le signal retour démodulé d ($= d_{z1}$ ou d_{z2} en fonction du gain appliqué) et fournissent les commandes d'asservissement au

modulateur 1' afin de supprimer le résidu de porteuse introduit par le modulateur.

- La méthode mise en œuvre par les moyens de mesure et de calcul M2 comporte :
- La mesure des positions PD1 et PD2 de la porteuse centrale du signal démodulé pour chacun des gains appliqués, respectivement d_{z1} et d_{z2} ; et
 - Le calcul de la partie du résidu de la porteuse (offset_mod) correspondant au résidu dû au modulateur à partir des positions mesurées PD1 et PD2 et des gains appliquées Z1 et Z2.

Cette méthode d'estimation peut prévoir qu'une autre partie du résidu de la porteuse soit calculée à partir des positions mesurées PD1 et PD2 et des gains appliquées Z1 et Z2. Cette autre partie du résidu de la porteuse calculée correspond au résidu dû au démodulateur (offset_demod). Comme le montre la figure 3, les moyens de mesure et de calcul M2 peuvent ainsi fournir des commandes d'asservissement c_a aussi au démodulateur 5' afin de supprimer le résidu de porteuse introduit par le démodulateur.

Selon le type de modulation, les moyens de mesure et de calcul M2 peuvent être réalisés de différentes manières pour mettre en œuvre cette méthode d'estimation du résidu de porteuse.

Dans une première variante, particulièrement adaptée pour les modulations dont la porteuse centrale est nulle ($PA=0$), telles que par exemple 8-VSB, les moyens de mesure et de calcul M2a peuvent comporter un dispositif de mesure. Le dispositif de mesure vient relever les positions PD1 et PD2 de la porteuse centrale en sortie du démodulateur pour chacun des gains Z1 et Z2 respectifs. Les moyens de mesure et de calcul M2 effectuent ensuite la minimisation de la différence entre les deux positions mesurées $\|PD2 - PD1\|$ pour obtenir la commande

d'asservissement c'a faisant converger le résidu de porteuse offset_mod dû au modulateur vers zéro.

En effet, les moyens de mesure et de calcul M2a étant adapté au
5 modulations pour lesquelles $PA=0$ (par exemple 8-VSB), l'équation de la position PD de la fréquence porteuse centrale du signal en sortie du démodulateur 5' en fonction de la position théorique PA de la composante continue du signal avant modulation est simplifiée :

10
$$PD = \text{offset_demod} + Z \cdot \text{offset_mod}$$

Donc, afin d'annuler le résidu de porteuse offset_mod dû au modulateur 1', les moyens de mesure et de calcul M2 effectue alors la recherche des paramètres d'asservissement c'a qui minimisent le terme ||
15 $PD2 - PD1$ ||, car

$$PD1 = \text{offset_demod} + Z1 \cdot \text{offset_mod} \text{ et}$$

$$PD2 = \text{offset_demod} + Z2 \cdot \text{offset_mod},$$

$$\text{donc } \text{offset_mod} = (PD2 - PD1) / (Z2 - Z1),$$

$$\text{d'où } || \text{offset_mod} || = K * || PD2 - PD1 || ,$$

20 avec $K = 1 / || Z2 - Z1 ||$ est une constante strictement positive dépendant uniquement Z1 et Z2 .

Cette recherche du minimum peut être effectuée par diverses méthodes du type « gradient », parmi d'autres.

25

Dans une deuxième variante, particulièrement adaptée pour les modulations dont la porteuse centrale est non nulle ($PA \neq 0$), telles que par exemple OFDM, les moyens de mesure et de calcul M2b peuvent comporter un dispositif de mesure. Le dispositif de mesure vient relever
30 les positions PD1 et PD2 de la porteuse centrale en sortie du démodulateur pour chacun des gains Z1 et Z2 respectifs.

Par rapport à la solution apportée pour le cas de la position de la porteuse centrale nulle $PA=0$, les moyens de mesure et de calcul M2b de

cette deuxième variante comporte des moyens permettant de séparer les valeurs de `offset_mod` et de `PA` à partir des mesures `PD1` et `PD2`.

5 A cet effet, les moyens de mesure et de calcul `M2b` mesure le gain complexe `Z` appliqué à partir du signal démodulé `d`.

10 Dans l'exemple illustré par la figure 7, les moyens de mesure et de calcul `M2b` peuvent comporter un démodulateur OFDM simplifié qui permet de mesurer le gain complexe `Z` appliqué à un signal OFDM comme le montre la figure 7. Le démodulateur simplifié comporte des moyens de synchronisation `M21` recevant le signal démodulé `d`, des moyens de transformation de Fourier `M22` (par exemple de type FFT, Fast Fourier Transform ou transformée de Fourier rapide) connectés à la sortie des moyens de synchronisation `M21` et fournissant la porteuse centrale de la

15 voie retour `fc` et les porteuses pilotes `fg`. Le gain `Z` est alors estimé par des moyens d'estimation de gain `M23` à partir des porteuses pilotes du signal démodulé `d`.

20 Les moyens de mesure et de calcul `M2b` connaissant la valeur de `Z` appliqué viennent alors appliquer un gain de `1/Z` à la position de la porteuse centrale `PD` mesurée, dans notre exemple, par les moyens de transformation de Fourier `M22`. Cela permet d'obtenir la position `PF` de la porteuse centrale correspondant à :

25
$$PF = PA + \text{offset_mod} + \text{offset_demod} * (1/Z)$$

Puis, les moyens de mesure et de calcul `M2b` effectuent une opération de différence entre la valeur ainsi obtenue et la porteuse centrale théorique `PA` (par exemple, `PA = - 4/3` en DVB-T) permettant

30 d'obtenir l'offset relatif de la porteuse centrale par rapport à la position théorique dans la constellation pour chaque valeur de `Z` : `offset_f1` et `offset_f2`.

$$\text{offset_f} = PF - PA = \text{offset_mod} + \text{offset_demod} * (1/Z)$$

Les moyens de mesure et de calcul M2b effectue ensuite l'opération $offset_f1 - \frac{1}{Z1} \frac{(offset_f2 - offset_f1)}{((1/Z2) - 1/Z1)}$ permettant d'obtenir la

- partie du résidu de la porteuse dû au modulateur (offset-mod). En outre,
 5 les moyens de mesure et de calcul M2b peuvent effectuer l'opération pour obtenir la partie du résidu de la porteuse dû au démodulateur (offset_dém).

- La précision maximale pour le calcul des résidus de porteuse
 10 offset_mod et offset_dem est obtenue dans le cas particulier $Z2 = -Z1$, qui correspond à un déphasage de 180° . De manière générale, il est conseillé dans la réalisation de M1 de prendre un déphasage assez grand entre $Z1$ et $Z2$.

- 15 Les moyens de mesure et de calcul M2b cherche ensuite les paramètres d'asservissement c'_a faisant converger les variables offset_mod et offset_demod vers zéro pour réaliser l'asservissement de la porteuse.

- 20 Les figures 8 et 9 proposent des schémas de principe décrivant un mode de réalisation d'asservissement, respectivement, d'un modulateur IQ et d'un démodulateur IQ.

- Le modulateur IQ 1' de la figure 8 reçoit le signal à moduler m sous
 25 la forme de deux signaux en quadrature I_m et Q_m : $m = I_m + iQ_m$, et les paramètres d'asservissement c'_a qui correspondent dans ce cas à l'estimation du résidu de porteuse introduit par le modulateur offset_mod, eux aussi sous la forme de deux signaux en quadrature offset_im et offset_qm : $offset_mod = -offset_im - i offset_qm$. Le signal à moduler m et
 30 les paramètres d'asservissement sont additionner respectivement en phase et en quadrature avant d'être moduler par la fréquence local LO.

De la même manière, le démodulateur IQ 5' de la figure 9 reçoit le signal à démoduler s sous la forme de deux signaux en quadrature, et les paramètres d'asservissement c'a qui correspondent dans ce cas à l'estimation du résidu de porteuse introduit par le modulateur offset_dém, eux aussi sous la forme de deux signaux en quadrature offset_id et offset_qd : $\text{offset_demod} = -\text{offset_id} - i \text{offset_qd}$. Le signal à démoduler d est démodulé par la fréquence local LO avant d'être additionné avec les paramètres d'asservissement respectivement en phase et en quadrature, pour obtenir le signal démodulé asservi $d = I_d + iQ_d$.

Ainsi, pour faire converger offset_mod, on joue sur les paramètres d'asservissement du modulateur (offset_im et offset_qm), et pour faire converger offset_demod, on joue sur les paramètres d'asservissement du démodulateur (offset_id et offset_qd) .

La figure 10a montre les performances en terme de taux d'erreur binaire BER obtenu à l'aide du système de modulation IQ avec asservissement selon l'invention. Dans l'exemple illustré par la figure 10a, le taux d'erreur binaire a évolué, pendant 24 heures, en moyenne entre 10^{-6} et 10^{-7} , i.e. en dessous des 10^{-5} requis par les radio-diffuseurs.

La figure 10b montre les performances en terme de rapport d'erreur de modulation MER obtenu à l'aide du système de modulation IQ avec asservissement selon l'invention. Le rapport d'erreur de modulation MER obtenu est d'environ 35dB quelque soit la fréquence sauf autour de la fréquence où il est légèrement inférieur. Toutefois, ce rapport MER reste supérieur à 30 dB comme requis par les radio-diffuseurs.

Cette méthode d'estimation du résidu de porteuse selon l'invention peut être mis en œuvre par tous dispositifs et/ou dans toutes applications nécessitant une estimation précise du résidu de porteuse afin d'éviter une dégradation de ses performances.

REVENDECATIONS

1. Méthode d'estimation de résidu de la porteuse caractérisé en ce qu'elle
5 comporte :
 - La variation d'un gain complexe Z appliqué au signal reçu s entre au moins deux valeurs $Z1$ et $Z2$;
 - La mesure de la position ($PD1$, $PD2$) de la porteuse centrale du signal s démodulé pour chacun des gains ($Z1$, $Z2$) appliqués ;
 - 10 – Le calcul d'au moins une partie du résidu de la porteuse à partir des positions mesurées $PD1$ et $PD2$ et des gains appliquées $Z1$ et $Z2$, la partie du résidu de la porteuse calculée ($offset_mod$) correspondant au résidu dû au modulateur.
2. Méthode d'estimation selon la revendication précédente caractérisé en
15 ce que le gain $Z1$ est appliqué à un instant donné ($t1$) et durant une période prédéterminé $T1$ et le gain complexe $Z2$ à un instant donné $t2$ et durant une période prédéterminé $T2$.
3. Méthode d'estimation selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que $Z2 = -Z1$.
- 20 4. Méthode d'estimation selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que une autre partie du résidu de la porteuse calculée à partir des positions mesurées $PD1$ et $PD2$ et des gains appliquées $Z1$ et $Z2$ correspond au résidu dû au démodulateur ($offset_dém$).
- 25 5. Méthode d'estimation selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que le calcul d'au moins une partie du résidu de la porteuse comporte la minimisation de la différence entre les deux positions mesurées $\|PD2 - PD1\|$.
6. Méthode d'estimation selon la revendication précédente caractérisé en
30 ce que la minimisation est effectuée par une méthode du type « gradient ».
7. Méthode d'estimation selon l'une quelconque des revendications 1 ou 4 caractérisée en ce que le calcul d'au moins une partie du résidu de la porteuse comporte :
 - 35 – la mesure du gain Z à partir du signal démodulé d ,

- l'application à la position mesurée PD d'un gain $1/Z$ avant la mesure de la position de la porteuse et
- la différence entre la valeur ainsi obtenue et la porteuse centrale théorique permettant d'obtenir une estimation du résidu de la porteuse pour chaque valeur de Z ($offset_f1$ et $offset_f2$), et
- 5 – l'opération $offset_f1 - \frac{1}{Z1} \frac{(offset_f2 - offset_f1)}{((1/Z2) - 1/Z1)}$ permettant d'obtenir la partie du résidu de la porteuse dû au modulateur ($offset_mod$).
- 8. Méthode d'estimation selon la revendication précédente caractérisé en ce que le calcul d'au moins une partie du résidu de la porteuse comporte
- 10 l'opération $\frac{(offset_f2 - offset_f1)}{((1/Z2) - 1/Z1)}$ permettant d'obtenir la partie du résidu de la porteuse dû au démodulateur ($offset_dém$).
- 9. Estimateur de résidu de porteuse mettant en œuvre la méthode d'estimation selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 caractérisé en ce qu'il comporte :
- 15 – des moyens de variation de gain (M1) permettant de faire varier un gain complexe Z appliqué au signal reçu s entre au moins deux valeurs prédéterminées $Z1$ et $Z2$;
- des moyens de mesure et de calcul (M2) permettant de mesurer la position (PD1, PD2) de la porteuse centrale du signal s démodulé pour
- 20 chacun des gains ($Z1$, $Z2$) appliqués et de calculer d'au moins une partie du résidu de la porteuse à partir des positions mesurées PD1 et PD2 et des gains appliquées $Z1$ et $Z2$, la partie du résidu de la porteuse calculée ($offset_mod$) correspondant au résidu dû au modulateur.
- 25 10. Estimateur selon la revendication précédente caractérisé en ce qu'il comporte une liaison entre les moyens de variation du gain (M1) et les moyens de mesure et de calcul (M2) permettant aux moyens de mesure et de calcul (M2) de choisir le gain ($Z1$, $Z2$) appliqué par les moyens de variation du gain (M1).
- 30 11. Estimateur selon la revendication précédente caractérisé en ce que les moyens de variation du gain comporte 2 relais UHF ou 2 commutateurs: le premier recevant le signal s auquel le gain $Z1$ a été appliqué, le deuxième recevant le signal s auquel le gain $Z2$ a été appliqué, le relais

correspondant au gain (Z1, Z2) choisi par les moyens de mesure et de calcul (M2) étant relié à la sortie des moyens de variation du gain (M1)

12. Estimateur selon l'une quelconque des revendications 10 ou 11 caractérisé en ce que les moyens d'application des gains comporte :

- 5 – soit un coupleur 0° - 90° recevant le signal modulé s et transmettant ce signal s sur sa sortie 0° (Z1), et le signal s déphasé de 90° sur sa sortie 90° (Z2),
- soit un transformateur ou un amplificateur recevant le signal modulé s et transmettant ce signal s (Z1), et le signal s déphasé de 180° (Z2),
- 10 – soit une longueur électrique l recevant le signal modulé s et transmettant ce signal s (Z1), et le signal s déphasé de ϕ fonction de l (Z2).

13. Système de modulation avec asservissement de la porteuse comportant un modulateur recevant le signal à moduler m et fournissant le signal modulé s à émettre caractériser en ce qu'il comporte :

- 15 – Un estimateur selon l'une quelconque des revendications 10 à 12 recevant le signal modulé s,
- Un démodulateur recevant le signal S_z provenant des moyens de variation du gain M1 et fournissant aux moyens de mesure et de calcul le signal démodulé d,
- 20 – Des moyens d'asservissement de la porteuse permettant d'ajouter au signal à moduler m le résidu de porteuse dû au modulateur (offset_mod) fourni par les moyens de mesure et de calcul M2.

14. Système de modulation selon la revendication précédente caractérisé en ce que les moyens d'asservissement de la porteuse permettent en outre d'ajouter au signal démodulé d le résidu de porteuse dû au démodulateur (offset_dém) fourni par les moyens de mesure et de calcul M2 avant de fournir le signal démodulé corrigé aux moyens de mesure et de calcul M2.

30 15. Utilisation de la méthode d'estimation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 pour une modulation avec porteuse centrale nulle.

16. Utilisation de la méthode d'estimation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, ou 7, ou 8 pour une modulation avec porteuse centrale non nulle.

1/5

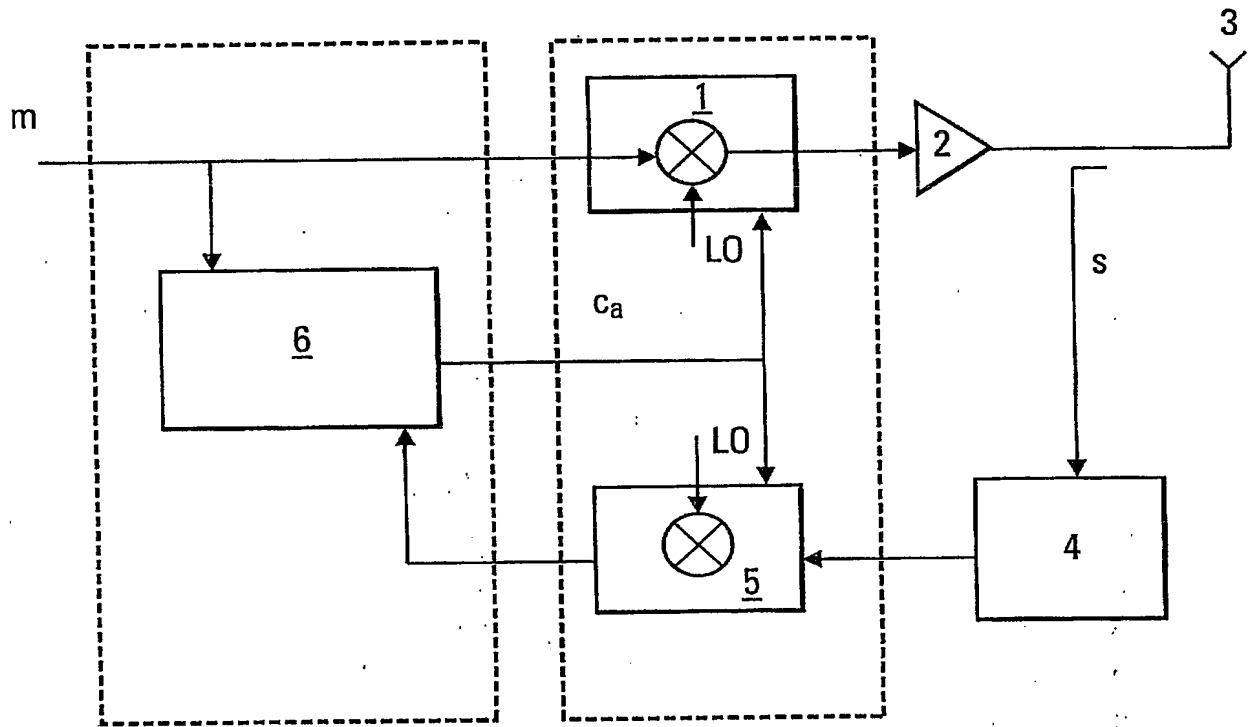


Fig. 1

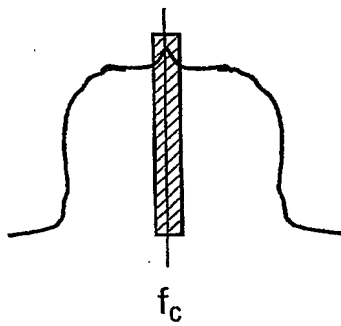


Fig. 2a

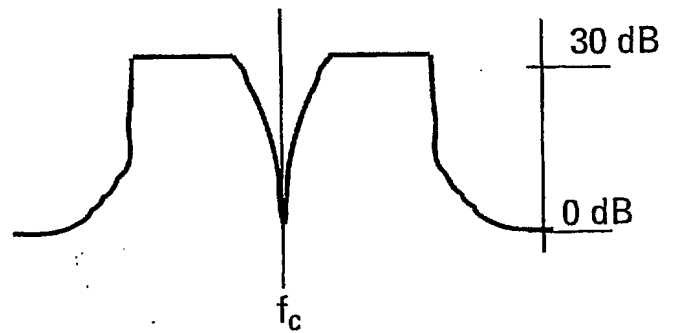


Fig. 2b

2/5

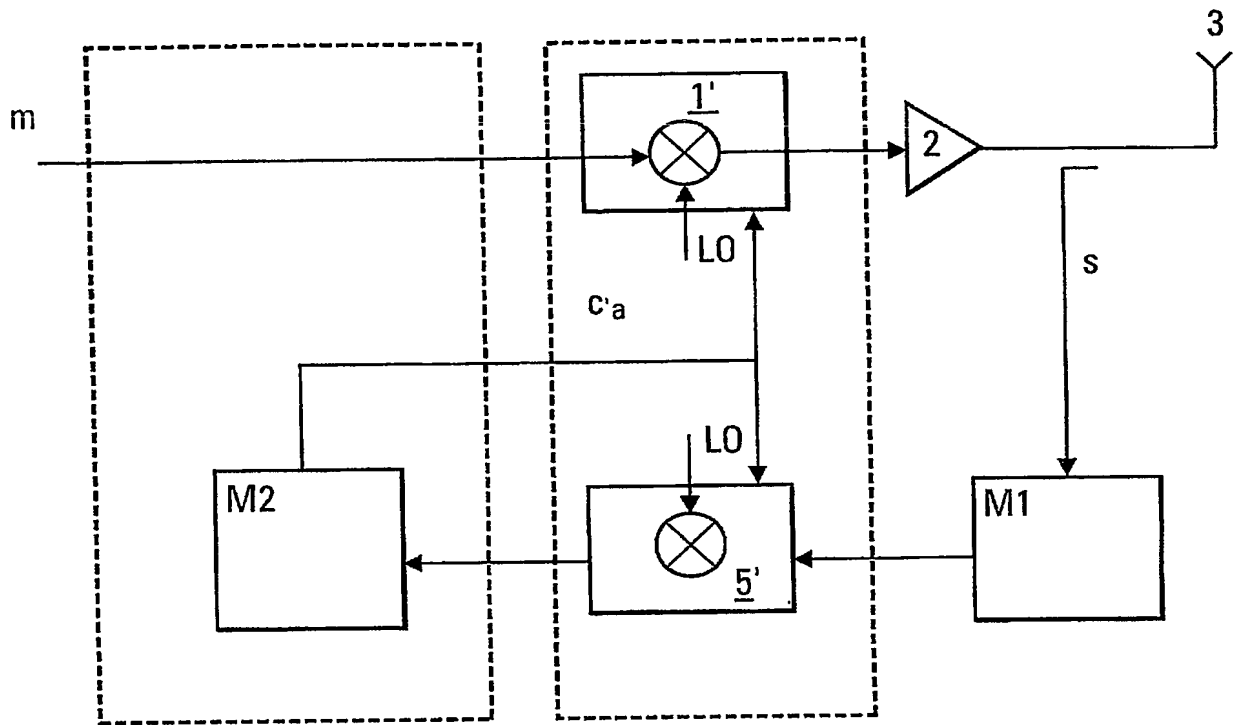


Fig. 3

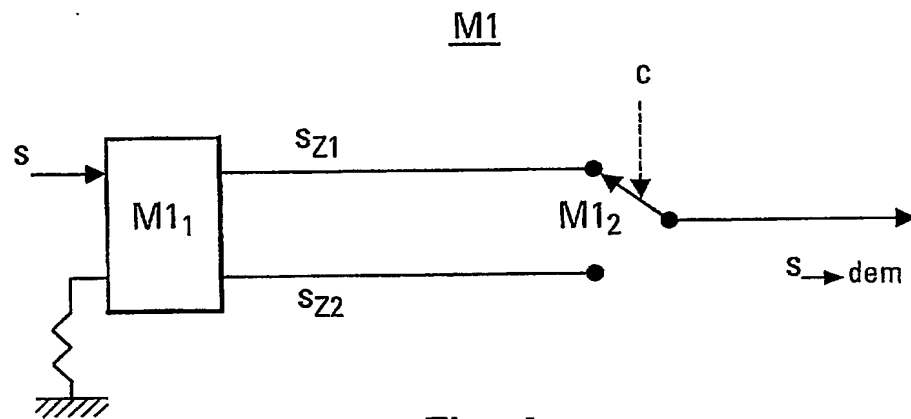


Fig. 4



3/5

M1

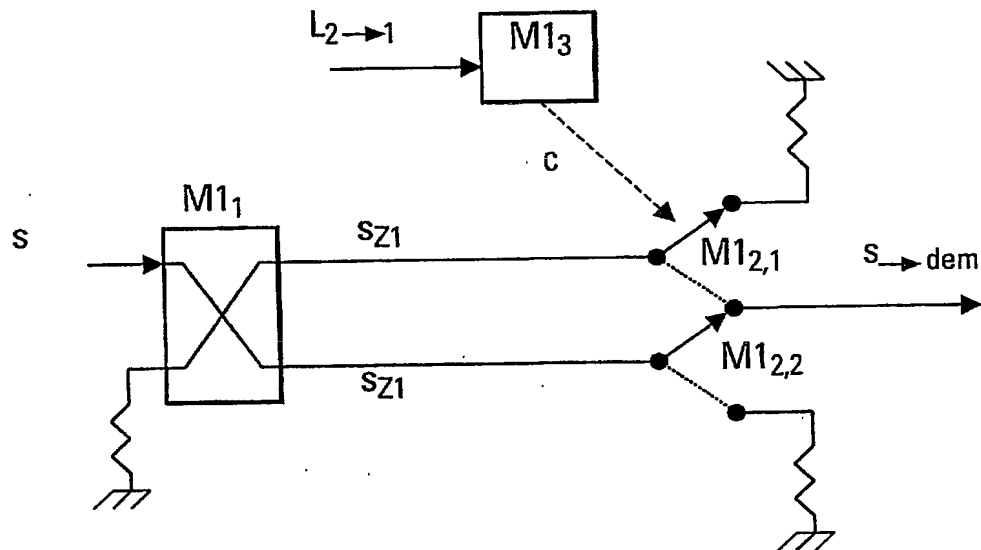


Fig. 5

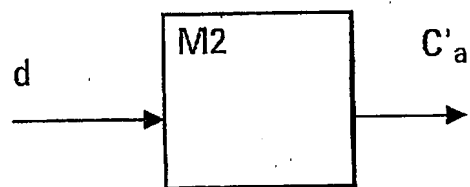


Fig. 6

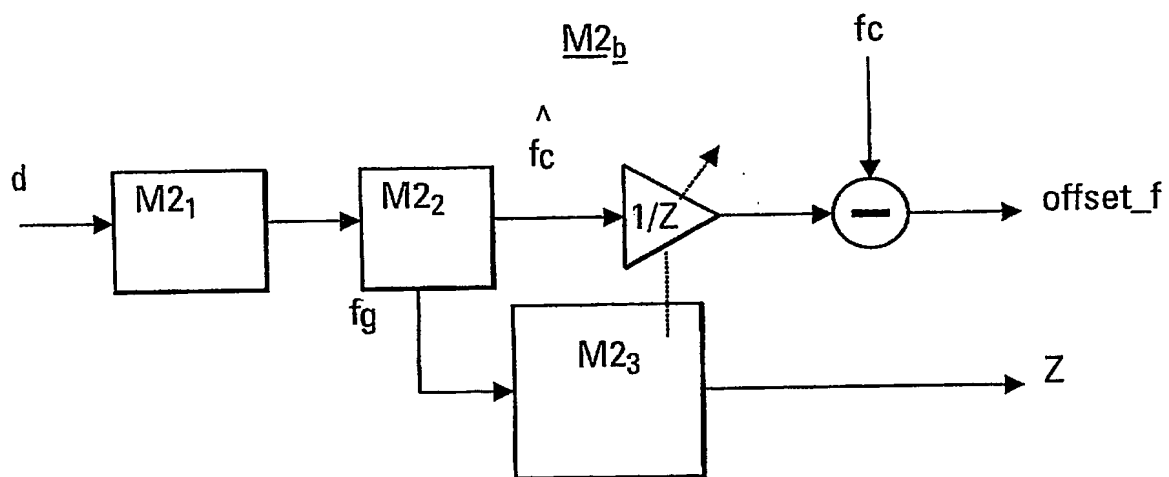


Fig. 7

4/5

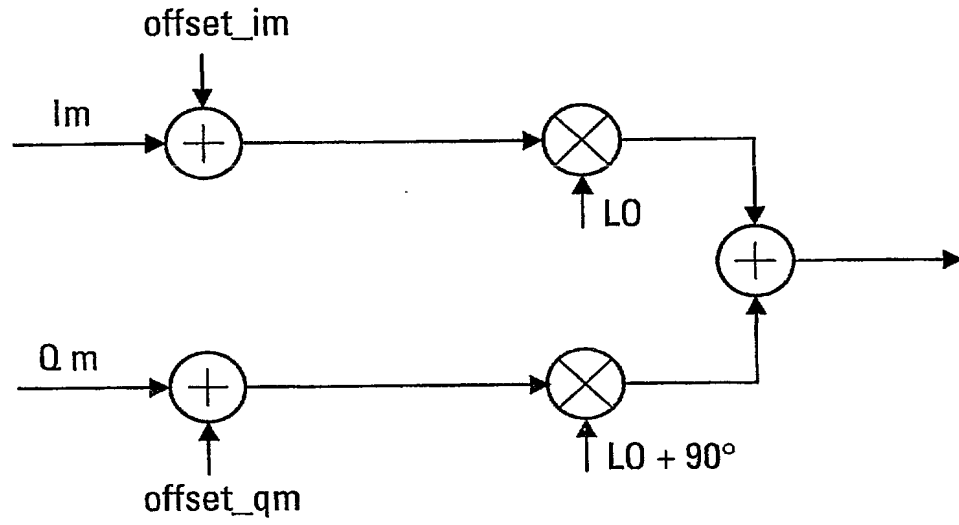


Fig. 8

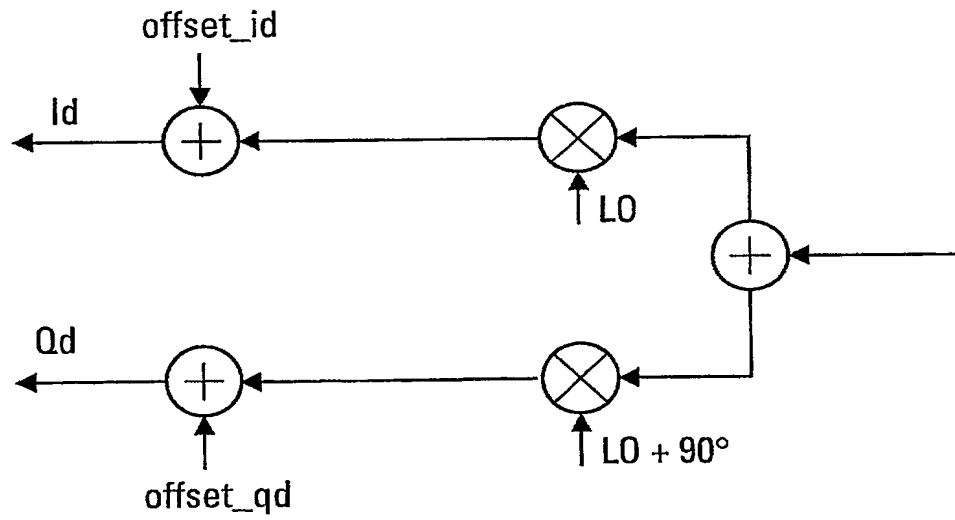


Fig. 9

5/5

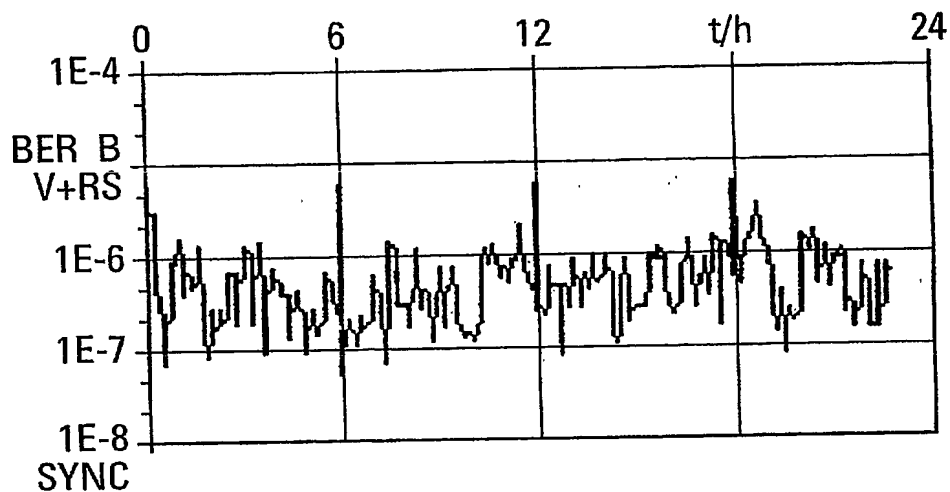


Fig. 10a

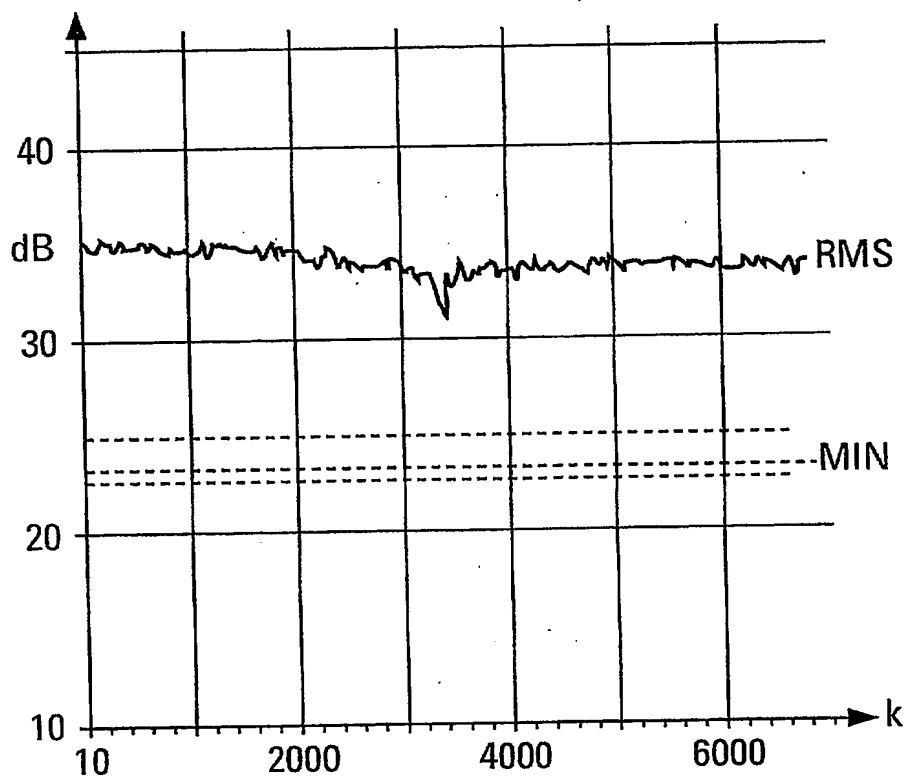


Fig. 10b

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235*02

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

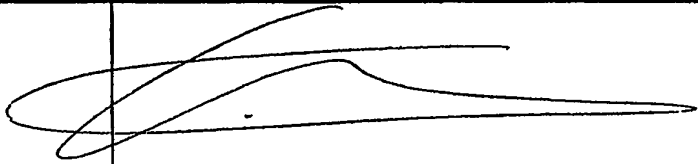
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1..

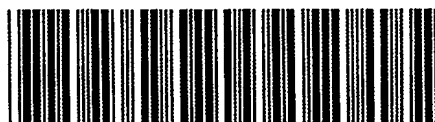
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		63101	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0308339	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) METHODE D'ESTIMATION DE RESIDU DE LA PORTEUSE, ESTIMATEUR ET SYSTEME DE MODULATION AVEC ASSERVISSEMENT DE LA PORTEUSE L'UTILISANT			
LE(S) DEMANDEUR(S) : THALES 173, boulevard Haussmann 75008 PARIS			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		EYRIES	
Prénoms		Julien	
Adresse	Rue	THALES Intellectual Property 31-33, avenue Aristide Briand	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL cedex
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		BLAISE	
Prénoms		René	
Adresse	Rue	THALES Intellectual Property 31-33, avenue Aristide Briand	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL cedex
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		 - 8 JUIL. 2003	
Viviane SIMON			

PCT/EP2004/051236



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.